

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-324838

(P2002-324838A)

(43) 公開日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 21/768

識別記号

F I

H 0 1 L 21/90

テーマコード\* (参考)

A 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数34 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-63783 (P2002-63783)

(22) 出願日 平成14年3月8日 (2002.3.8)

(31) 優先権主張番号 09/805955

(32) 優先日 平成13年3月15日 (2001.3.15)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 599093591

チャータード・セミコンダクター・マニュ

ファクチャリング・リミテッド

シンガポール国 738406, ストリート

2, ウッドランズ・インダストリアル・パ  
ーク 60

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

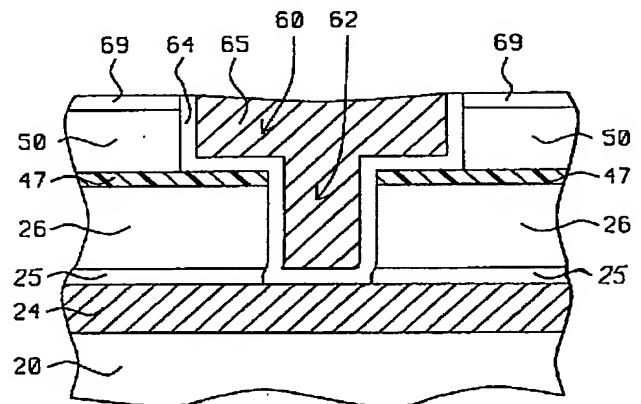
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デュアルダマシン相互接続における有機物誘電体の密着性を改良する方法

(57) 【要約】

【課題】 有機物ベース又は炭素ドーパド  $\text{SiO}_2$  である低誘電率物質と TEOS ベースの  $\text{SiO}_2$  エッチストップとの間の界面における密着性の問題を解決する。

【解決手段】 本発明は半導体集積回路の製造方法、特に低誘電率有機物質間の密着性を改良するデュアルダマシン相互接続における交互のエッチストップの使用方法に関する。このエッチストップ物質はシリコン含有物質であり、そして低誘電率物質 ( $k=3.5 \sim 5$ ) に変換され、この物質は紫外線照射及びシリル化、酸素プラズマの後にシリコンに富む酸化シリコンになる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板を準備し、  
前記基板上の絶縁体中に埋め込まれたパターン化金属配線を準備し、  
前記パターン化金属配線上にパッシベーション層を堆積し、  
前記パッシベーション層上に第 1 の低誘電率物質層を堆積し、  
前記第 1 低誘電率物質層上にシリコン含有密着層を被覆し、  
前記密着層を紫外線放射に曝し、  
前記密着層をシリル化及び酸素プラズマプロセスに曝し、  
前記密着層上に第 2 の低誘電率物質層を堆積し、  
前記複数層のパターン化及びエッチングを実施して、トレンチ／ビアの開口又は穴を形成し、  
前記基板の上及び前記トレンチ／ビア開口の中にバリア金属のブランケット層を堆積し、  
前記バリア金属上にブランケット導電銅の種層を堆積し、  
電気メッキ又は無電解メッキによって前記銅種層上に導電厚銅を堆積する、  
ことを含むダマシンの製造方法。

【請求項 2】 前記半導体基板は単結晶シリコン、シリコン-オン-絶縁体 (SOI)、半導体装置を備えるシリコン-ゲルマニウム (SiGe)、相互接続配線、及び前記基板上のコンタクトビアから成る群から選ばれる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 前記第 1 低誘電率物質層は有機物ベースの物質又は炭素ドーパド SiO<sub>2</sub> 物質の層であり、前記有機物ベースの物質は 100% 炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の 1 又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選ばれ、また前記炭素ドーパド SiO<sub>2</sub> 物質はアルキルシルセスキオキサン、アリールシルセスキオキサン、CORAL (Novellus 社から得られる)、及び Black Diamond (Applied Materials 社から得られる) から成る群から選ばれる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 前記第 2 低誘電率物質層は有機物ベースの物質又は炭素ドーパド SiO<sub>2</sub> 物質の層であり、前記有機物ベースの物質は 100% 炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の 1 又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選ばれ、また前記炭素ドーパド SiO<sub>2</sub> 物質はアルキルシルセスキオキサン、アリールシルセスキオキサン、CORAL (Novellus 社から得られる)、及び Black Diamond (Applied Materials 社から得られる) から成る群から選ばれる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】 前記密着層はシリル化、紫外線照射、酸素プラズマ処理を含む後の処理工程によりシリコンに富

む酸化シリコンに変換される TSI レジストから成る群から選ばれるシリコン含有物質から構成され、そして 3.5~5 の低誘電率を有する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 前記密着層は露光されて露光層を形成し、この露光層はシリコンに富む物質から構成され、この紫外線波長は 436~100 nm の範囲内にあり、露光時間は 1 秒~5 分であり、また 50~400 °C の予備-シリル化焼成により前記露光層の架橋が促進される、請求項 1 記載の方法。

10 【請求項 7】 TSI レジストを有する前記密着層はシリル化を実施され、このシリル化条件は以下の通り、即ち、不活性ガスの窒素が液体 HMDS (ヘキサメチルジシラザン) 中でバブリングされ、その結果、気相の HMDS が反応室内で TSI レジストに移送され、ここで前記シリコン基板ウエハが 40~150 °C に加熱され、又は HMDS (ヘキサメチルジシラザン) の 10% キシレン溶液を用いて前記レジストをシリル化させる、請求項 1 記載の方法。

20 【請求項 8】 TSI レジストを有する前記密着層は酸素プラズマ工程又は処理を実施され、この酸素プラズマの条件は以下の通り、即ち、この処理が酸素ガスを用いて 1 ミリトル~50 トルの圧力、40~400 °C の温度で実施され、酸素流量が 100 sccm~50,000 sccm であり、RF 又はマイクロ波が前記プラズマに容量的に結合する場合の電力設定値が 100~2,000 ワットであり、形成ガス (96% 窒素、4% 水素) が酸素の解離を助けるために前記酸素ガスに添加される、請求項 1 記載の方法。

30 【請求項 9】 前記バリア層はタンタル、窒化タンタル、窒化チタン、三元窒化シリコン金属から成る群から選ばれ、そして前記バリア (金属) 層の厚さは約 50~2,000 オングストロームである、請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】 前記銅種層は前記バリア層上に化学的気相成長法 (CVD) により、又はスパッタリングを含む物理的気相成長法 (PVD) により、50~2,000 オングストロームの厚さに堆積する、請求項 1 記載の方法。

40 【請求項 11】 前記導電厚銅は電気メッキ又は無電解メッキによって前記銅種層上に 1~10 ミクロンの厚さに堆積した銅である、請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】 半導体基板を準備し、  
前記基板上の絶縁体中に埋め込まれたパターン化金属配線を準備し、  
前記パターン化金属配線上にパッシベーション層を堆積し、  
前記パッシベーション層上に第 1 の低誘電率物質層を堆積し、  
前記第 1 低誘電率物質層上にシリコン含有密着層を被覆し、

前記密着層を紫外線放射に曝し、  
 前記密着層をシリル化及び酸素プラズマプロセスに曝し、  
 前記密着層上に第2の低誘電率物質層を堆積し、  
 前記第2及び第1の低誘電率物質層、前記密着層、及び前記パッシベーション層のパターン化及びエッチングを実施して、前記パターン化金属配線まで下方にエッチングされたトレンチ／ビアの開口又は穴を形成し、  
 前記基板の上及び前記トレンチ／ビア開口の中にバリア金属のブランケット層を堆積し、  
 前記バリア金属上にブランケット導電銅の種層を堆積し、  
 電気メッキ又は無電解メッキによって前記銅種層上に導電厚銅を堆積し、  
 前記平面を化学的機械研磨し、平坦化し、過剰の厚銅、過剰の銅種層及び過剰のバリア金属を除去し、デュアルダマシンプロセスにおいて前記トレンチ／ビアを内張りするバリア金属を用いて、インレイ相互接続及びコンタクトビアを導電ラインまで形成する、  
 ことを含むシリコン含有密着層を用いたダマシントレンチ／ビアの製造方法。

【請求項13】 前記半導体基板は単結晶シリコン、シリコン-オン-絶縁体(SOI)、半導体装置を備えるシリコン-ゲルマニウム(SiGe)、相互接続配線、及び前記基板上のコンタクトビアから成る群から選ばれる、請求項12記載の方法。

【請求項14】 前記第1低誘電率物質層は有機物ベースの物質又は炭素ドーパドSiO<sub>2</sub>物質から成る群から選ばれる層であり、前記有機物ベースの物質は100%炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の1又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選ばれ、また前記炭素ドーパドSiO<sub>2</sub>物質はアルキルシルセスキオキサン、アリールシルセスキオキサン、CORAL (Novellus社から得られる)、及びBlack Diamond (Applied Materials社から得られる) から成る群から選ばれる、請求項12記載の方法。

【請求項15】 前記第2低誘電率物質層は有機物ベースの物質又は炭素ドーパドSiO<sub>2</sub>物質から成る群から選ばれる層であり、前記有機物ベースの物質は100%炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の1又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選ばれ、また前記炭素ドーパドSiO<sub>2</sub>物質はアルキルシルセスキオキサン、アリールシルセスキオキサン、CORAL (Novellus社から得られる)、及びBlack Diamond (Applied Materials社から得られる) から成る群から選ばれる、請求項12記載の方法。

【請求項16】 前記密着層はシリル化、紫外線照射、酸素プラズマ処理を含む後の処理工程によりシリコンに

富む酸化シリコンに変換されるTSIレジストから成る群から選ばれるシリコン含有物質から構成され、そして3.5～5の低誘電率を有する、請求項12記載の方法。

【請求項17】 前記密着層は露光されて露光層を形成し、この露光層はシリコンに富む物質から構成され、この紫外線波長は436～100nmの範囲内にあり、露光時間は1秒～5分であり、また50～400℃の予備-シリル化焼成により前記露光層の架橋が促進される、請求項12記載の方法。

【請求項18】 TSIレジストを有する前記密着層はシリル化を実施され、このシリル化条件は以下の通り、即ち、不活性ガスの窒素が液体HMDS (ヘキサメチルジシラザン) 中でバブリングされ、その結果、気相のHMDSが反応室内でTSIレジストに移送され、ここで前記シリコン基板ウエハが40～150℃に加熱され、又はHMDS (ヘキサメチルジシラザン) の10%キシレン溶液を用いて前記レジストをシリル化させる、請求項12記載の方法。

【請求項19】 TSIレジストを有する前記密着層は酸素プラズマ工程又は処理を実施され、この酸素プラズマの条件は以下の通り、即ち、この処理が酸素ガスを用いて1ミリトル～50トルの圧力、40～400℃の温度で実施され、酸素流量が100sccm～50,000sccmであり、RF又はマイクロ波が前記プラズマに容量的に結合する場合の電力設定値が100～2,000ワットであり、形成ガス(96%窒素、4%水素)が酸素の解離を助けるために前記酸素ガスに添加される、請求項12記載の方法。

【請求項20】 前記バリア層はタンタル、窒化タンタル、窒化チタン、三元窒化シリコンメタルから成る群から選ばれ、そして前記バリア(金属)層の厚さは約50～2,000オングストロームである、請求項12記載の方法。

【請求項21】 前記銅種層は前記バリア層上に化学的気相成長法(CVD)により、又はスパッタリングを含む物理的気相成長法(PVD)により、50～2,000オングストロームの厚さに堆積する、請求項12記載の方法。

【請求項22】 前記導電厚銅は無電解メッキによって前記銅種層上に1～10ミクロンの厚さに堆積した銅である、請求項12記載の方法。

【請求項23】 半導体装置の製造に際して、デュアルダマシンにおける交互のエッチストップであるシリコン含有低誘電率密着層を用いてダマシントレンチ／ビアを製造する方法であって、半導体基板内に半導体装置を有する半導体基板を準備し、前記基板上の絶縁体中に埋め込まれたパターン化金属配線を準備し、

前記パターン化金属配線の上にパッシベーション層を堆積し、  
 前記パッシベーション層上に、有機物ベースの又は炭素ドーブドS i O<sub>2</sub>物質である第1の低誘電率物質層を堆積し、  
 前記第1低誘電率物質層上にシリコン含有密着層を被覆し、  
 前記密着層を紫外線放射に曝して、シリコンに富む物質層を形成し、  
 前記密着層をシリル化及び酸素プラズマプロセスに曝して、前記密着層をシリコンに富む酸化シリコンに変換し、  
 前記密着層上に有機物ベースの又は炭素ドーブドS i O<sub>2</sub>である第2の低誘電率物質層を堆積し、  
 前記第2及び第1の低誘電率物質層、前記密着層、及び前記パッシベーション層のパターン化及びエッチングを実施して、前記パターン化金属配線まで下方にエッチングされたトレンチ／ビアの開口又は穴を形成し、  
 前記基板の上及び前記トレンチ／ビア開口の中にバリア金属のブランケット層を堆積し、  
 前記バリア金属上にブランケット導電銅の種層を堆積し、  
 電気メッキ又は無電解メッキによって前記銅種層上に導電厚銅を堆積し、  
 前記平面を化学的機械研磨し、平坦化し、過剰の厚銅、過剰の銅種層及び過剰のバリア金属を除去し、デュアルダマシンプロセスにおいて前記トレンチ／ビアを内張りするバリア金属を用いて、インレイ相互接続及びコンタクトビアを導電ラインまで形成し、  
 前記第2低誘電率物質層の表面に任意のキャップ層を堆積して形成し、これにより前記デュアルダマシンを不動体化する、  
 ことを含む前記製造方法。

【請求項24】 前記半導体基板は単結晶シリコン、シリコン-オン-絶縁体(SOI)、半導体装置を備えるシリコン-ゲルマニウム(SiGe)、相互接続配線、及び前記基板上のコンタクトビアから成る群から選ばれる、請求項23記載の方法。

【請求項25】 前記第1低誘電率物質層は有機物ベースの物質又は炭素ドーブドS i O<sub>2</sub>物質から成る群から選ばれる層であり、前記有機物ベースの物質は100%炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の1又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選られ、また前記炭素ドーブドS i O<sub>2</sub>物質はアルキルシルセスキオキサン、アリールシルセスキオキサン、CORAL (Novellus社から得られる)、及びBlack Diamond (Applied Materials社から得られる) から成る群から選ばれる、請求項23記載の方法。

【請求項26】 前記第2低誘電率物質層は有機物ベ

スの物質又は炭素ドーブドS i O<sub>2</sub>物質から成る群から選ばれる層であり、前記有機物ベースの物質は100%炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の1又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選られ、また前記炭素ドーブドS i O<sub>2</sub>物質はアルキルシルセスキオキサン、アリールシルセスキオキサン、CORAL (Novellus社から得られる)、及びBlack Diamond (Applied Materials社から得られる) から成る群から選ばれる、請求項23記載の方法。

【請求項27】 前記密着層はシリル化、紫外線照射、酸素プラズマ処理を含む後の処理工程によりシリコンに富む酸化シリコンに変換されるTSIレジストから成る群から選ばれるシリコン含有物質から構成され、そして3.5~5の低誘電率を有する、請求項23記載の方法。

【請求項28】 前記密着層は露光されて露光層を形成し、この露光層はシリコンに富む物質から構成され、この紫外線波長は436~100nmの範囲内にあり、露光時間は1秒~5分であり、また50~400℃の予備-シリル化焼成により前記露光層の架橋が促進される、請求項23記載の方法。

【請求項29】 TSIレジストを有する前記密着層はシリル化を実施され、このシリル化条件は以下の通り、即ち、不活性ガスの窒素が液体HMDS (ヘキサメチルジシラザン) 中でバブリングされ、その結果、気相のHMDSが反応室内でTSIレジストに移送され、ここで前記シリコン基板ウエハが40~150℃に加熱され、又はHMDS (ヘキサメチルジシラザン) の10%キシレン溶液を用いて前記レジストをシリル化させる、請求項23記載の方法。

【請求項30】 TSIレジストを有する前記密着層は酸素プラズマ工程又は処理を実施され、この酸素プラズマの条件は以下の通り、即ち、この処理が酸素ガスを用いて1ミリトル~50トルの圧力、40~400℃の温度で実施され、酸素流量が100sccm~50,000sccmであり、RF又はマイクロ波が前記プラズマに容量的に結合する場合の電力設定値が100~2,000ワットであり、形成ガス(96%窒素、4%水素)が酸素の解離を助けるために前記酸素ガスに添加される、請求項23記載の方法。

【請求項31】 前記バリア層はタンタル、窒化タンタル、窒化チタン、三元窒化シリコン金属から成る群から選られ、そして前記バリア(金属)層の厚さは約50~2,000オングストロームである、請求項23記載の方法。

【請求項32】 前記銅種層は前記バリア層上に化学的気相成長法(CVD)により、又はスパッタリングを含む物理的気相成長法(PVD)により、50~2,000オングストロームの厚さに堆積する、請求項23記載

の方法。

【請求項 33】 前記導電厚銅は電気メッキ又は無電解メッキによって前記銅種層上に 1~10 ミクロンの厚さに堆積した銅である、請求項 23 記載の方法。

【請求項 34】 前記任意のキャップ層は窒化シリコン、オキシ窒化シリコン、炭化ケイ素から成る群から選ばれ、そして化学的気相成長法 (CVD) により、50~5,000 オングストロームの厚さに堆積する、請求項 23 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体集積回路装置の製造方法、特に、デュアルダマシン相互接続中にエッチストップを交互に使用して低誘電率有機物質間の接合を改良する方法であって、前記エッチストップはシリコン含有物質から成る低誘電率物質であり、これは紫外線照射及び酸素プラズマの後にシリコンに富む酸化シリコンになる方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 “MOS デバイスのレジストの無いゲート形成方法”と表題を付けられて、1998 年 11 月 3 日に許可された Shiralagi 等の米国特許 5,830,801 はシリコンに富む酸化物層を形成する紫外線方法を記述する。この方法は MOS ゲートを形成し、そしてこのゲート領域を定めることに関し、光マスクをポリシリコン層の表面に隣接させて配置することにより酸化物マスクを形成し、そして前記表面を酸素含有雰囲気中で前記光マスクを通じてディープ紫外線に曝すことを含む。

【0003】 “銅の拡散を除去するためにリバースバリアメタル技術を用いて銅ダマシン相互接続を形成する方法”と表題を付けられて、2000 年 3 月 21 日に許可された Li 等の米国特許 6,040,243 は下部の低誘電率 (K) 物質層を形成し、エッチストップ層を形成し、上部の低誘電率 (K) 物質層を形成し、そしてデュアルダマシン開口をエッチングすることを含むデュアルダマシンプロセスを記述する。パッシベーション層のオーバーエッチに基づく誘電体層中への銅の拡散はバリア層によって除去される。この方法はデュアルダマシン相互接続を形成するために使用できる。素子分離層を通る銅トレース (copper traces) は半導体基板上に形成される。パッシベーション層を前記銅トレース及び前記素子分離層の上に堆積する。誘電体層を堆積する。キャップ層を堆積する。このキャップ層と誘電体層をパターン化してパッシベーション層の頂面を露出させて、ダマシンプビア用のトレンチを形成する。バリア層を前記パッシベーション層、前記誘電体層、及び前記キャップ層の上に堆積する。前記バリア層をエッチングして前記キャップ層と前記パッシベーション層の頂面を露出させる。前記バリア層は前記トレンチの側壁を素子分離する。前記パッシベーション層をエッチングしてダマシンプビアを完成

させる。前記バリア層は前記パッシベーション層のエッチング工程を通じて銅が前記誘電体層上にスパッタリングされることを防止する。

【0004】 “オルガノシランを有する低誘電率 (K) 誘電体の堆積方法”と表題を付けられて、2000 年 4 月 25 日に許可された Yau 等の米国特許 6,054,379 はオルガノシリコン膜を酸化することによるデュアルダマシンプロセスを教示する。低誘電率膜を堆積する方法及び装置がオルガノシラン化合物と酸化ガスとの反応を用いて記述される。この酸化されたオルガノシラン膜は他の誘電体層に隣接する下地膜又はキャップ層として使用するためのバリア特性を有する。この酸化オルガノシラン膜はデュアルダマシン構造体を製造するためのエッチストップ又はインターメタル誘電体層としても使用できる。また前記酸化オルガノシラン膜は異なる誘電体層間に優れた密着性を与える。

【0005】 図 1 において、有機物又は炭素ドーブド  $\text{SiO}_2$  物質 (16) と TEOS ベースの  $\text{SiO}_2$  エッチストップ物質 (17) (TEOS = テトラエチルオルトシリケート) との間の界面 (19) における密着性の問題を示す従来技術の方法が断面的に説明される。この問題の背景として、有機物ベース又は炭素ドーブド  $\text{SiO}_2$  物質である低誘電率有機物質をデュアルダマシンプロセスで集積することが困難であることが挙げられる (ビア - 優先、トレンチ - 優先、又は自己整合ビアのアプローチに関係なく)。特に、図 1 の従来方法に示されるように、低誘電率物質 (16) と TEOS ベースの  $\text{SiO}_2$  エッチストップ (17) との間の界面 (19) における密着性の問題が存在する。この密着性の問題に対する一つの解決策はエッチストップとして  $\text{SiN}$  を使用することである。しかしながら、 $\text{SiN}$  の誘電率は、 $\text{SiO}_2$  の  $k = 3.9$  と比較して、約  $k = 7$  と高すぎる。高誘電率物質は相互接続配線中に高 RC 時定数遅延を生じる。図 1 の従来技術で形成されるその他の物質層は以下の通りである。即ち、半導体単結晶シリコン基板 (10) 及びパターン化導電金属配線 (14) (これは断面図で示されない絶縁体中に埋め込まれる) が形成される。第 1 の低誘電率物質 (16) が形成され、これは有機物ベースの又は炭素ドーブド  $\text{SiO}_2$  である。TEOS ベースの  $\text{SiO}_2$  エッチストップ物質 (17) (テトラエチルオルトシリケート) が形成される。第 2 の低誘電率物質 (18) が形成され、これは有機物ベースの又は炭素ドーブド  $\text{SiO}_2$  である。最後に、密着性の問題が前記低誘電率物質 (16) と TEOS ベースの  $\text{SiO}_2$  エッチストップ (17) との間の界面 (19) で生じる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、有機物ベース又は炭素ドーブド  $\text{SiO}_2$  である前記低誘電率物質と前記 TEOS ベースの  $\text{SiO}_2$  エッチストップ (テトラエチルオルトシリケート) との間の界面にお

る密着性の問題を解決することである。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は半導体集積回路の製造方法、特に低誘電率有機物質間の密着性を改良するデュアルダマシン相互接続における交互のエッチストップの使用法に関する。また、このエッチストップ物質はシリコン含有物質であって、紫外線照射及びシリル化、酸素プラズマの後にシリコンに富む酸化シリコンに変換される。

【0008】本発明は上述のように要約され、そして好ましい態様に関して記述された。処理の詳細を少し省略したが、当業者には理解されるであろう。本発明の更なる詳細は“発明の実施の形態”の項で記述される。

【0009】本発明の目的と利点は添付の図面に関連した好ましい態様において記述される。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明は半導体集積回路の製造方法、特に有機物ベースの物質又は炭素ドーパド $\text{SiO}_2$ 物質である低誘電率有機物質の間の密着性を改良するデュアルダマシン配線における交互のエッチストップの使用法に関する。更に、このエッチストップ物質はシリコン含有物質であり、そして低誘電率物質( $k=3.5\sim 5$ )に変換され、この物質は紫外線照射及びシリル化(silylation)、酸素プラズマの後にシリコンに富む酸化シリコンになる。

【0011】図2において、有機物ベースの物質又は炭素ドーパド $\text{SiO}_2$ である低誘電率物質(26)上のシリコン含有密着層(27)、例えば、TSIレジストが断面的に示される。この特別に処理された密着層は本発明に重要である。図2に示されるその他の物質層は以下の通りである。半導体基板(20)は、限定はされないが、単結晶シリコン、シリコン-オン-絶縁体( $\text{SOI}$ )、及びシリコン-ゲルマニウム( $\text{SiGe}$ )を含む。パターン化された導電金属配線(24)であって、これは断面的に図示されていない絶縁体中に埋め込まれる。半導体基板(20)は絶縁物質及び/又は導電物質の1又はそれ以上の層、及び前記基板又は類似物の中又は上に形成された1又はそれ以上の能動及び/又は受動の素子、及びビア、コンタクト、トレンチ、金属配線等のような1又はそれ以上の相互接続構造体を含むと理解すべきである。絶縁体、好ましくは窒化シリコンであるパッシベーション層(25)が、断面的に図示されていない絶縁体中に埋め込まれているパターン化導電配線(24)上に堆積される。次いで、有機物ベースの物質又は炭素ドーパド $\text{SiO}_2$ 物質である第1の低誘電率物質層(26)がパッシベーション層(25)上に堆積される。本発明で重要なことは次の工程、即ち、有機物ベースの物質又は炭素ドーパド $\text{SiO}_2$ 物質である前記低誘電率有機物質層(26)の上に直接に被覆されるシリコン含有密着層(27)(これはTSIレジストの処理

により誘導される)を表面に被覆することである。このシリコン含有密着層(27)、例えば、TSIレジスト、はデュアルダマシン法における交互のエッチストップ物質であり、そして次の処理工程で記述されるように、紫外線照射及びシリル化、酸素プラズマの後に、シリル化を通じてシリコンに富む酸化シリコンに変換される。

【0012】酸化シリコンから構成される層間絶縁膜(ILD)も低誘電率物質層と組合して使用できる。この酸化シリコンはテトラエトキシシラン( $\text{TEOS}$ )を用いた化学的気相成長法(CVD)により1,000~10,000オングストロームの厚さに堆積される。低誘電体絶縁層の処理の詳細は以下の通りである。デュアルダマシンのトレンチ/ビアを構成するための層厚は1,000~10,000オングストロームの範囲内である。しかしながら、本発明の重要な態様はシングルダマシン相互接続に対しても適用される。低誘電率( $k$ )物質は化学的気相成長法(CVD)又はスピン塗布により形成される。このスピン塗布法はポスト-塗布オーブンバーク(post-coating oven bake)及び任意の加熱炉硬化工程を必要とする。前記低誘電率( $k$ )物質は有機物ベースの物質であって、100%炭素を含む有機ポリマー及び次の成分、即ち水素、フッ素、硫黄、窒素、臭素の1又はそれ以上の成分を有する炭素を含む有機ポリマーから成る群から選ばれる。有機物ベースの物質はbuckminsterfullerene、SiLK(ダウケミカル社から得られる)及びFLARE(Honeywell社から得られる)から成る群から選ばれる。炭素ドーパド $\text{SiO}_2$ 物質はアルキルシルセスキオキサン(alkyl silsesquioxane)、アリアルシルセスキオキサン(aryl silsesquioxane)、CORAL(Novelis社から得られる)、及びBlack Diamond(Applied Materials社から得られる)から成る群から選ばれる。有機物ベースの物質及び炭素ドーパド $\text{SiO}_2$ 物質は共に非多孔質又は多孔質形状で入手できる。

【0013】本発明のその他の重要な工程を断面的に説明する図3に示すように、シリコン含有密着層(37)を紫外線放射(38)に曝して、シリコンに富む物質から構成される露光層を形成する。この紫外線の波長は436~100nmの範囲内にあり、露光時間は1秒~5分である。他の好ましい態様において、50~400℃の予備-シリル化焼成(pre-silylation bake)により前記露光層の架橋が促進される。

【0014】本発明の最後の重要な工程を断面的に説明する図4に示すように、シリコンに富む密着層(47)は、シリル化及び酸素プラズマ処理を通じてSiに富む $\text{SiO}$ に変換され、その結果、3.5~5の誘電率

( $k$ )値を有する低誘電率物質になる。シリル化の条件は以下の通りである。即ち、不活性ガス、例えば、窒素を液体のHMDS(ヘキサメチルジシラザン)中にバブリングして、HMDSを気相中に移送する。このHMD



S蒸気を次いで反応室内でTSIレジストに導入し、ここで前記シリコン基板ウエハを40～150℃まで加熱する。またHMDS（ヘキサメチルジシラザン）の10%キシレン溶液を用いると、前記レジストをシリル化できる。前記酸素プラズマ工程又は処理の条件は以下の通りである。即ち、この処理は酸素ガスを用いて1ミリトル～50トルの圧力、40～400℃の温度で実施される。酸素流量は100sccm～50,000sccmである。RF又はマイクロ波が前記プラズマに容量的に（capacitatively）結合する場合、100～2,000ワットの電力設定値が使用できる。形成ガス（96%窒素、4%水素）が酸素の解離を助けるために、前記酸素ガスに任意に添加される。

【0015】デュアルダマシン構造における本発明の次の工程を断面的に説明する図5に示すように、特別に処理されたSiに富むSiO密着層（47）上に第2の低誘電率物質層（50）が堆積される。この場合のデュアルダマシン構造及び処理の形態は一般的なものである。

【0016】図6で断面的に説明されるように、デュアルダマシンのトレンチ／ビアの開口の形成、銅メッキ及び後の表面平坦化が示される。特別に処理されたSiに富むSiO密着層（47）は、前記低誘電率物質層（26）及び（50）と同様に、パターン化され、そしてエッチングされて、トレンチ（60矢印）及びビア（62矢印）の開口を形成する。また特別に処理されたSiに富むSiO密着層（47）はデュアルダマシントレンチ形成におけるエッチストップとして作用させるために使用できる。バリアメタル層（64）がトレンチ／ビアの開口又は穴の中に堆積されて、トレンチ／ビアの下地膜（liner）として作用する。前記バリアメタル層の厚さは約50～2,000オングストロームである。前記バリアメタルはタンタル、窒化タンタル、窒化チタン、及び三元窒化シリコンメタル（ternary metal silicon nitride）から成る群から選ばれる。

【0017】図6で再度断面的に説明されるように、デュアルダマシンプロセスにおいて、トレンチ／ビアの開口又は穴を導電メタル（65）で充填することが示される。低誘電率絶縁体の2つの層（26）および（50）をパターン化し、そして反応性イオンエッチング（RIE）して、トレンチ（60矢印）及びビア（62矢印）の開口を形成する。多くの光リソグラフィ法がトレンチ／ビアの開口をパターン化するために採用できる。上述したように、トレンチ／ビアの開口又は穴を形成した後に、このトレンチ／ビアをバリア層（64）のブランケット（blanket）堆積物で充填する。このバリア層は約50～2,000オングストローム厚である。電気メッキは前記バリア層上に銅の種層（copper seed layer）（図示せず）の堆積を必要とする。この種層の厚さは50～2,000オングストロームであり、そして化学的気相

成長法（CVD）により、又はスパッタリングを含む物理的気相成長法（PVD）により堆積する。バリア層（64）は前記トレンチ／ビアの開口又は穴を完全に内張りし、そして低誘電率絶縁体の2つの層（26）および（50）の上にそれぞれ存在する。次に、厚い導電銅（conducting copper）（65）が電気メッキ（好ましい方法）又は無電解メッキによって前記銅種層上に堆積する。銅の電気メッキは厚い銅を得るためには好ましい方法である。厚い銅層（65）は前記トレンチ／ビアの開口又は穴の中に入り込む。メッキされた厚い銅の堆積物は約1～10ミクロンの厚さである。このメッキされた厚い銅は50～450℃の短時間アニール（RTA）を用いたアニーリング工程を実施される。

【0018】図6で更に断面的に説明されるように、トレンチ／ビアの開口又は穴の中の過剰の物質を平坦化して、デュアルダマシンプロセスにおけるインレイ（inlay）銅（65）を用いて、導電接続配線（60）及び導電コンタクトビア（62）を形成する。前記厚銅層の過剰な物質を前記バリアメタル層と共に化学的機械研磨（CMP）により研磨し、そして平坦化する。本発明で重要なことは適所に置かれた特別処理されたSiに富むSiO密着層（47）である。最後に、本発明の任意の工程としては、キャップ保護層（69）の堆積とパターン化がある。このキャップ層は窒化シリコン、オキシ窒化シリコン、及び炭化ケイ素から成る群から選ばれる。このキャップ層は化学的気相成長法（CVD）により、50～5,000オングストロームの厚さに堆積する。

【0019】本発明は好ましい態様について特に示されたが、種々の変更を本発明の精神及び範囲を逸脱することなく行うことができることは当業者にとって理解できるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】有機物又は炭素ドーパドSiO<sub>2</sub>物質とTEOSベースのSiO<sub>2</sub>エッチストップ物質との間の界面における密着性の問題を説明する従来技術の方法を示す断面図。

【図2】低誘電率物質上のシリコン含有密着層を示す本発明の断面図。

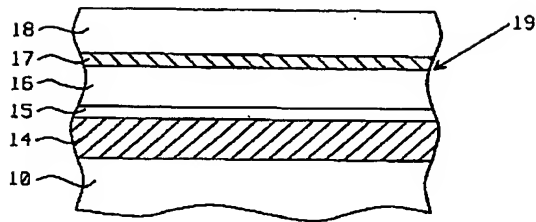
【図3】紫外線放射に曝されて、シリコンに富む表面層を形成するシリコン含有密着層を示す本発明の断面図。

【図4】シリル化、酸素プラズマを通じてSiに富むSiOに変換され、そして3.5～5の低誘電率を有するシリコンに富む密着層を示す本発明の断面図。

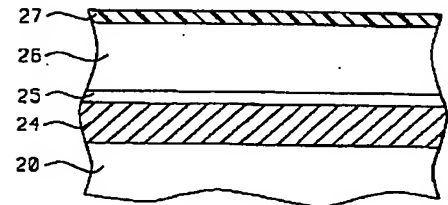
【図5】Siに富むSiO密着層上への第2低誘電率物質層の堆積を示す本発明の断面図。

【図6】銅メッキ及びその後の表面平坦化によるデュアルダマシントレンチ／ビア開口の形成を示す本発明の断面図。

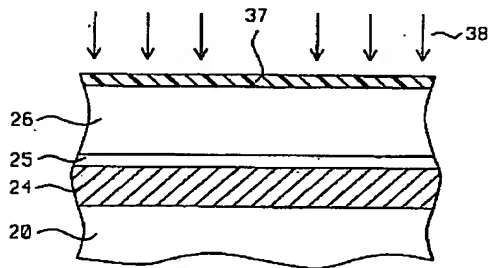
【図 1】



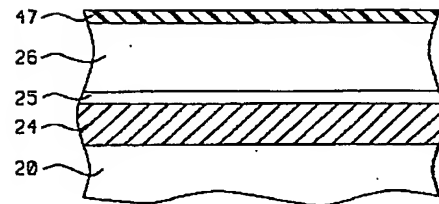
【図 2】



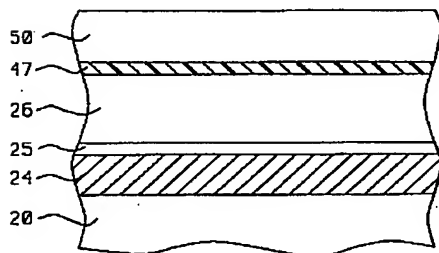
【図 3】



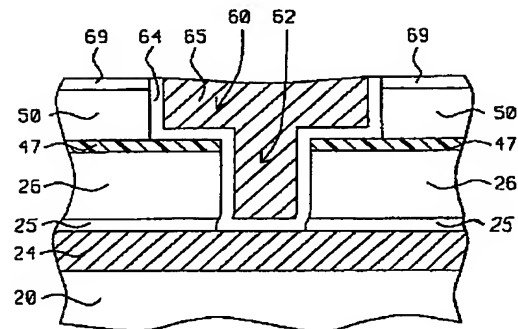
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 サブハシュ・ギユプタ  
シンガポール国シンガポール 259805, ナ  
ンバー 05-04, バルモラル・ロード 21
- (72)発明者 スー・イ  
カナダ国 ヴィ 3 エヌ 4 エム 9, パーナ  
ビー, ミルブルック・レイン 9883
- (72)発明者 サイモン・チョーイ  
シンガポール国シンガポール 277596, ロ  
ータス・アベニュー 6
- (72)発明者 メーシェン・チョウ  
シンガポール国シンガポール 688391, ヴ  
エルデ・クレッセント 36

F ターム(参考) 5F033 GG01 HH11 HH19 HH21 HH32  
HH33 JJ01 JJ11 JJ19 JJ21  
JJ32 JJ33 MM01 MM02 MM12  
MM13 NN06 NN07 PP06 PP14  
PP15 PP27 PP28 QQ00 QQ09  
QQ13 QQ25 QQ37 QQ54 QQ73  
QQ74 QQ82 RR01 RR04 RR06  
RR08 RR21 RR23 RR25 RR29  
SS04 SS11 SS22 TT04 WW00  
WW01 WW02 WW03 WW04 WW05  
WW06 XX12 XX24